



PATENT APPLICATION

THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Docket No: **Q78555**

Masayoshi SAWAI, et al.

Appln. No.: **10/715,850**

Group Art Unit: 2831

Confirmation No.: 3962

Examiner: Unknown

Filed: **November 19, 2003**

For: **METHOD OF PREDICTING SHAPE OF WIRE-LIKE STRUCTURE, ITS
APPARATUS AND ITS PROGRAM**

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith are two (2) certified copies of the priority documents on which claims to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority documents.

Respectfully submitted,

SUGHRUE MION, PLLC
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

WASHINGTON OFFICE

23373

CUSTOMER NUMBER

for *PT & MCK Ryley 38,557*
Darryl Mexic
Registration No. 23,063

**Enclosures: JAPAN 2002-334940
JAPAN 2003-308508**

DM/lck

Date: April 19, 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 1 9 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 3 4 9 4 0
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 3 4 9 4 0]

出 願 人 矢 崎 総 業 株 式 会 社
Applicant(s):

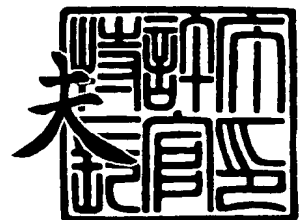
Masayoshi SAWAI, et al. U.S. Appl. No. 10/715,850
METHOD OF PREDICTING SHAPE OF WIRE-
LIKE STRUCTURE, IT'S APPARATUS AND IT'S
PROGRAM
U.S. Filing Date: November 19, 2003
Darryl Mexic 202-283-7060
(1)



2 0 0 3 年 1 2 月 1 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 3 7 6 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 P85384-79

【提出日】 平成14年11月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01B 13/00

【発明の名称】 ワイヤー様構造物の形状予測方法及びその装置

【請求項の数】 5

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県湖西市鷺津 2 4 6 4 - 4 8 矢崎部品株式会社内

 【氏名】 澤井 正義

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県湖西市鷺津 2 4 6 4 - 4 8 矢崎部品株式会社内

 【氏名】 中野 亜希子

【特許出願人】

 【識別番号】 000006895

 【氏名又は名称】 矢崎総業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100060690

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 瀧野 秀雄

 【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

 【識別番号】 100097858

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 越智 浩史

 【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

【識別番号】 100108017

【弁理士】

【氏名又は名称】 松村 貞男

【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

【識別番号】 100075421

【弁理士】

【氏名又は名称】 垣内 勇

【電話番号】 03-5421-2331

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012450

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004350

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ワイヤー様構造物の形状予測方法及びその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コンピュータを用いて、所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化し、有限要素法を利用してこのワイヤー様構造物の形状を予測する方法であって、

手動操作に応じて任意の形状のワイヤー様構造物を描画する描画工程と、
描画されたワイヤー様構造物から形状特性を抽出する形状特性抽出工程と、
前記描画されたワイヤー様構造物から拘束条件を抽出する拘束条件抽出工程と

、
前記有限要素法による形状予測の計算のために必要なワイヤー様構造物の材料特性を、前記描画されたワイヤー様構造物から計算する材料特性計算工程と、

前記拘束条件、前記形状特性及び前記材料特性を前記有限要素法に適用して、
物理的に釣り合った状態である予測形状を計算する予測形状計算工程と、
を含むことを特徴とするワイヤー様構造物の形状予測方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の形状予測方法において、
前記外装部材の種類、太さ及び材料特性の関係を対応づけた特性テーブルを予め格納しておき、

前記材料特性計算工程では、前記描画されたワイヤー様構造物から計算された前記外装部材の種類及び太さを、前記特性テーブルに当てはめて、前記材料特性を計算する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物の形状予測方法。

【請求項 3】 請求項 2 記載の形状予測方法において、
前記特性テーブルは、前記外装部材の種類、太さ及び前記材料特性としての縦弾性係数又は横弾性係数の関係を対応づけたものである、

ことを特徴とするワイヤー様構造物の形状予測方法。

【請求項 4】 請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の形状予測方法において

前記手動操作に応じて作成したワイヤー様構造物から、前記物理的に釣り合った状態である予測形状を計算することが不可能である場合には、その旨を警告する警告出力工程、

を更に含むことを特徴とするワイヤー様構造物の形状予測方法。

【請求項 5】 所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を利用してこのワイヤー様構造物の形状を予測する装置であって、

手動操作に応じて任意の形状のワイヤー様構造物を描画する描画手段と、
描画されたワイヤー様構造物から形状特性を抽出する形状特性抽出手段と、
前記描画されたワイヤー様構造物から拘束条件を抽出する拘束条件抽出手段と

、
前記有限要素法による形状予測の計算のために必要なワイヤー様構造物の材料特性を、前記描画されたワイヤー様構造物から計算する材料特性計算手段と、

前記拘束条件、前記形状特性及び前記材料特性を前記有限要素法に適用して、
物理的に釣り合った状態である予測形状を計算する予測形状計算手段と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物の形状予測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、有限要素法を利用して形状予測する方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

車両等においては、複数の電装品が搭載されており、これらは、上記線条材として、複数の電線や通信線がインシュロック等の結束部材やテープ等の外装部材によって束ねられた、いわゆる、ワイヤーハーネスで接続されている。図 1 に示すように、ワイヤーハーネス 1 は、各端部に電装品等と接続されるコネクタ 2 a、2 b、2 c、2 d が取り付けられている。また、その中間部には各種クランプ

3 a、3 b、3 c、3 dが取り付けられ、更に、分岐点4を有している。なお、各端部から分岐点4までを構成するワイヤーハーネス1の各枝線は、基本的に、それぞれ構成線条材の数や種類が異なるので、各枝線の太さ、長さ、弾性、剛性等も様々である。

【0003】

近年、このようなワイヤーハーネスの形状予測又は経路設計は、コンピュータによる支援システムが利用されることが多くなったが、その基本的な手法は、C A D (Computer Aided Design) とC A E (Computer Aided Engineering) とよばれる汎用解析ソフトとの組み合わせによるものである。すなわち、C A Dを用いて電線の太さ、長さ、種類等を反映したワイヤーハーネスの詳細形状をモデリングして描画させた後、所定の汎用C A Eに必要なデータを数値入力して予測形状を計算させ、この計算結果を評価した後、再度、C A Dを用いて予測形状を描画させるようにしていた。そして、このようなサイクルがC A Dや汎用C A E等の操作に習熟した設計者によって試行錯誤的に繰り返されていた。

【0004】

【非特許文献1】

B. ナス著「マトリックス有限要素法」ブレイン図書出版株式会社出版、1978年8月10日、p. 7-15

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のような、C A Dと汎用C A Eとの繰り返し使用による経路設計では以下のような問題があった。すなわち、C A Dと汎用C A Eとがソフトウェア的に分離しているため、汎用C A Eに必要な数値を度々入力する必要があった。また、必要な数値の入力操作も煩雑であり、汎用C A Eを使いこなすための技術習得に多大な時間を要していた。更に、汎用C A Eによると、ワイヤーハーネスの変形をシミュレートするためのリードタイム、すなわち、形状予測のために要する時間が非常に長くなるという問題もあった。

【0006】

よって本発明は、上述した現状に鑑み、特殊な技術習得や熟練を不要としなが

らも短時間で確実に所望の形状予測を可能にする、ワイヤー様構造物の形状予測方法及びその装置を提供することを課題としている。

【0 0 0 7】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するためになされた請求項 1 記載の形状予測方法は、コンピュータを用いて、所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化し、有限要素法を利用してこのワイヤー様構造物の形状を予測する方法であって、手動操作に応じて任意の形状のワイヤー様構造物を描画する描画工程と、描画されたワイヤー様構造物から形状特性を抽出する形状特性抽出工程と、前記描画されたワイヤー様構造物から拘束条件を抽出する拘束条件抽出工程と、前記有限要素法による形状予測の計算のために必要なワイヤー様構造物の材料特性を、前記描画されたワイヤー様構造物から計算する材料特性計算工程と、前記拘束条件、前記形状特性及び前記材料特性を前記有限要素法に適用して、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算する予測形状計算工程と、を含むことを特徴とする。

【0 0 0 8】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 2 記載の形状予測方法は、請求項 1 記載の形状予測方法において、前記外装部材の種類、太さ及び材料特性の関係を対応づけた特性テーブルを予め格納しておき、前記材料特性計算工程では、前記描画されたワイヤー様構造物から計算された前記外装部材の種類及び太さを、前記特性テーブルに当てはめて、前記材料特性を計算する、ことを特徴とする。

【0 0 0 9】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 3 記載の形状予測方法は、請求項 2 記載の形状予測方法において、前記特性テーブルは、前記外装部材の種類、太さ及び前記材料特性としての縦弾性係数又は横弾性係数の関係を対応づけたものである、ことを特徴とする。

【0 0 1 0】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 4 記載の形状予測方法は、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の形状予測方法において、前記手動操作に応じて作成したワイヤー様構造物から、前記物理的に釣り合った状態である予測形状を計算することが不可能である場合には、その旨を警告する警告出力工程、を更に含むことを特徴とする。

【0 0 1 1】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 5 記載のワイヤー様構造物の形状予測装置は、所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなし、有限要素法を利用してこのワイヤー様構造物の形状を予測する装置であって、手動操作に応じて任意の形状のワイヤー様構造物を描画する描画手段と、描画されたワイヤー様構造物から形状特性を抽出する形状特性抽出手段と、前記描画されたワイヤー様構造物から拘束条件を抽出する拘束条件抽出手段と、前記有限要素法による形状予測の計算のために必要なワイヤー様構造物の材料特性を、前記描画されたワイヤー様構造物から計算する材料特性計算手段と、前記拘束条件、前記形状特性及び前記材料特性を前記有限要素法に適用して、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算する予測形状計算手段と、を含むことを特徴とする。

【0 0 1 2】

請求項 1 及び 5 記載の発明によれば、所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化し、有限要素法を利用してこのワイヤー様構造物の形状が予測される。また、手動操作に応じて描画されたワイヤー様構造物から、有限要素法の計算に必要な形状特性、材料特性、拘束条件が自動計算されて、有限要素法を用いて物理的に釣り合った状態である予測形状が計算される。このように、ワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化しているので、一般的なメッシュを割り当てた有限要素モデルと比較して、格段に計算量が削減される。また、有限要素法の計算に必要なデータが、手動操作に応じて描画されたワイヤー様構造物から自

動計算されるので、予測形状計算のための数値入力が必要となる。

【0 0 1 3】

また、請求項 2 記載の発明によれば、外装部材の種類、太さ及び材料特性の関係を対応づけた特性テーブルを予め格納しておくことにより、手動操作に応じて描画されたワイヤー様構造物から、有限要素法の計算に必要な材料特性を容易かつ確実に得ることが可能になる。

【0 0 1 4】

また、請求項 3 記載の発明によれば、特性テーブルを参照することにより、手動操作に応じて描画されたワイヤー様構造物から、有限要素法の計算に必要な縦弾性係数及び横弾性係数を容易かつ確実に得ることが可能になる。

【0 0 1 5】

また、請求項 4 記載の発明によれば、手動操作に応じて作成したワイヤー様構造物から、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算することが不可能である場合には、その旨が警告される。

【0 0 1 6】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

まず、図 1 及び図 2 を用いて、本発明で対象となるワイヤー様構造物としてのワイヤーハーネスの全体形状及び代表的な支持部材について説明する。図 1 は、本発明で対象となるワイヤーハーネスの全体形状を概略的に示す図である。図 2 は、ワイヤーハーネスに取り付けられる代表的な支持部材と拘束自由度との関係を示す図である。

【0 0 1 7】

本発明で対象となるワイヤーハーネス 1 は、上述のように両端部に図示しない電装品と接続されるコネクタ 2 a、2 b、2 c、2 d が取り付けられ、その中間部には各種クリップ 3 a、3 b、3 c、3 d が取り付けられ、更に、分岐点 4 を有している。ワイヤーハーネス 1 の各枝線は、基本的に、それぞれ構成線条材の数や種類が異なるので、各枝線の太さ、長さ、弾性、剛性等も異なる。

【0 0 1 8】

上記各コネクタ 2 a、2 b、2 c、2 d は、電装品側の相手方コネクタの固定位置及びその装着方向に応じて所定の位置に着脱可能に固定され、ワイヤーハーネスの端部を完全拘束する。また、上記各クリップ 3 a、3 b、3 c、3 d は、ワイヤーハーネスの所定部位を、車両のボディやステー等の所定位置に完全拘束又は回転拘束される。

【0 0 1 9】

ここで、クリップについて説明を加える。クリップには、基本的に、長穴クリップ及び丸穴クリップがある。丸穴クリップは、回転クリップともよばれ、ワイヤーハーネスを保持する台座部とステー等に設けられた丸穴形状の取付穴に挿入される支持脚とから構成される。丸穴クリップは、Z 軸（取付部位に鉛直方向）廻りに回転可能である。

【0 0 2 0】

一方、長穴クリップは、固定クリップともよばれ、ワイヤーハーネスを保持する台座部とステー等に設けられた長穴形状の取付穴に挿入される支持脚とから構成される。この支持脚の断面形状は、取付穴と略同様の長穴形状をしている。長穴クリップは、Z 軸廻りに回転不可能である。

【0 0 2 1】

更に、長穴クリップ及び丸穴クリップには、X 軸（ワイヤーハーネスの長手方向）廻りに回転可能な、コルゲート長穴クリップ及びコルゲート丸穴クリップがある。このような各クリップの各軸方向及び各軸廻りの拘束自由度は図 2 に示す通りである。

【0 0 2 2】

図 2 において、X 軸、Y 軸及び Z 軸は、ワイヤーハーネス上の各節点（又はノードともよぶ）における右手ローカル座標系での直行する 3 軸に相当する。例えば、Z 軸をクリップ軸と一致するようにしているが、これらの決定方法は、使用する関数によって適宜変更可能である。なお、図中、参考のために、分岐点の拘束自由度についても示している。また、ここでは図示しないが、上記拘束点以外に任意に設定されたワイヤーハーネス上の節点は、基本的に、完全自由である。このような拘束自由度が、後述するように、予測経路や反力等の計算に先立ち、

各節点にそれぞれ、設定される。

【0023】

次に、図3～図5を参照しながら、本発明において前提となる仮定条件、利用される理論及び基本式の概略について説明する。図3（A）は、ワイヤーハーネスの外観を示す図であり、図3（B）は、図3（A）のワイヤーハーネスを離散化した様子を示す図であり、図3（C）は、図3（A）のワイヤーハーネスを梁要素と節点とで表した図である。図4は、梁要素と節点とで表したワイヤーハーネスにおける自由度を説明するための図である。図5（A）は、ワイヤーハーネスを3つの梁要素で表した図であり、図5（B）は、図5（A）の3つの梁要素を結合した状態を示す図である。

【0024】

まず、本発明では、ワイヤーハーネスの設計に有限要素法を利用するに際し、以下のような仮定をする。

- ①. ワイヤーハーネスを弾性体と仮定する。
- ②. ワイヤーハーネスを梁要素が結合されたものと仮定する。
- ③. 各梁要素に線形性が保たれるものと仮定する。
- ④. ワイヤーハーネスの断面を円形であると仮定する。

本発明において、このような仮定をすることにより、従来なされていなかった、ワイヤーハーネスへの有限要素法の適用が可能になる。

【0025】

本発明においては、まず、ワイヤーハーネスを離散化する。すなわち、図3（A）に示すように、複数の電線11がテープ12等の外装部材によって束ねられたワイヤーハーネス1は連続体とみなすことができる。次に、図3（B）に示すように、このようなワイヤーハーネス1を、いくつかの梁要素C1、C2、C3、…に分割（離散化）する。すなわち、ワイヤーハーネスは1本のロープのようなものなので、有限個の梁要素をつなげたものとみなすことができる。

【0026】

したがって、図3（C）に示すように、ワイヤーハーネスは、複数の梁要素C1、C2、C3、…を複数のノードN1、N2、N3、…で結合したものと

表すことができる。梁要素に必要な特性値は以下の通りである。

長さ l (図 3 (B) 参照)

断面積 A (図 3 (B) 参照)

断面 2 次モーメント I

断面 2 次極モーメント J

密度 ρ

縦弾性係数 E

横弾性係数 G

なお、後述するが、本明細書中、長さ l 及び断面積 A を形状特性とし、断面 2 次モーメント I 、断面 2 次極モーメント J 、密度 ρ 、縦弾性係数 E 及び横弾性係数 G を材料特性としている。

【0 0 2 7】

そして、図 4 に示すように、各梁要素 C (C_1 、 C_2 、 C_3 、...) はそれぞれ、2 つの節点 α 及び節点 β を有する。3 次元空間においては、節点 α は、3 つの並進成分と 3 つの回転成分を持ため、合計 6 つの自由度を持つ。また、節点 β も同様である。したがって、梁要素 C は 12 自由度を持つことになる。

【0 0 2 8】

なお、図中、

F_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の力

F_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の力

F_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の力

M_{xi} : i 番要素の x i 軸周りのモーメント

M_{yi} : i 番要素の y i 軸周りのモーメント

M_{zi} : i 番要素の z i 軸周りのモーメント

U_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の変位

U_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の変位

U_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の変位

θ_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の角変位

θ_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の角変位

θ_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の角変位

α は左側の節点、 β は右側の節点

を示す。

【 0 0 2 9 】

ところで、振動していない静的な力による構造物の変位は、弾性範囲内では、以下の式（１）に示すフックの法則が成り立つことが知られている。

$$Kx = F \cdots (1)$$

ここで、 K : ばね定数、 x : 変位、 F : 力

を示す。

【 0 0 3 0 】

また、図４で示した梁要素Ｃにも同様にフックの法則が成り立つことが知られている。但し、梁要素Ｃは、上記のように１２自由度をもつため、以下の式（２）で示すように、１２行１２列のマトリクスと１２行のベクトルとで、力と変位との関係を表現することができる。

【 0 0 3 1 】

の変位は等しくなり、これら両節点に加わる力も釣り合うことになる。同様に、梁要素 C 2 の節点 2β 及び梁要素 C 3 の節点 3α の変位も等しくなり、これら両節点に加わる力も釣り合うことになる。したがって、これら変位の連続性と力の釣り合いの条件を満たすことで、梁要素 C 1 及び C 2、梁要素 C 2 及び C 3 を、図 5 (B) に示すように、結合することができる。

【0 0 3 3】

なお、図中、

F_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の力

F_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の力

F_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の力

M_{xi} : i 番要素の x i 軸周りのモーメント

M_{yi} : i 番要素の y i 軸周りのモーメント

M_{zi} : i 番要素の z i 軸周りのモーメント

U_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の変位

U_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の変位

U_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の変位

θ_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の角変位

θ_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の角変位

θ_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の角変位

を示し、

$i = 1\alpha、1\beta、2\alpha、2\beta、3\alpha、3\beta$ である。

【0 0 3 4】

そして、図 5 (B) に示した梁要素 C 1、C 2、C 3 における上記変位の連続性と力の釣り合いを上記式 (2) と同様の形式で示すと、以下の式 (3) のようになる。

【0 0 3 5】

【数 2】

$$\begin{array}{c}
 \left. \begin{array}{l}
 \begin{array}{l}
 F_{x1\alpha} \\ F_{y1\alpha} \\ F_{z1\alpha} \\ M_{x1\alpha} \\ M_{y1\alpha} \\ M_{z1\alpha}
 \end{array} \\
 \vdots \\
 \begin{array}{l}
 F_{x2\alpha} \\ F_{y2\alpha} \\ F_{z2\alpha} \\ M_{x2\alpha} \\ M_{y2\alpha} \\ M_{z2\alpha}
 \end{array} \\
 \vdots \\
 \begin{array}{l}
 F_{x3\alpha} \\ F_{y3\alpha} \\ F_{z3\alpha} \\ M_{x3\alpha} \\ M_{y3\alpha} \\ M_{z3\alpha}
 \end{array} \\
 \vdots \\
 \begin{array}{l}
 F_{x3\beta} \\ F_{y3\beta} \\ F_{z3\beta} \\ M_{x3\beta} \\ M_{y3\beta} \\ M_{z3\beta}
 \end{array}
 \end{array} \right\} \{F\} \\
 = \\
 \left. \begin{array}{l}
 \begin{array}{l}
 U_{x1\alpha} \\ U_{y1\alpha} \\ U_{z1\alpha} \\ \theta_{x1\alpha} \\ \theta_{y1\alpha} \\ \theta_{z1\alpha}
 \end{array} \\
 \vdots \\
 \begin{array}{l}
 U_{x2\alpha} \\ U_{y2\alpha} \\ U_{z2\alpha} \\ \theta_{x2\alpha} \\ \theta_{y2\alpha} \\ \theta_{z2\alpha}
 \end{array} \\
 \vdots \\
 \begin{array}{l}
 U_{x3\alpha} \\ U_{y3\alpha} \\ U_{z3\alpha} \\ \theta_{x3\alpha} \\ \theta_{y3\alpha} \\ \theta_{z3\alpha}
 \end{array} \\
 \vdots \\
 \begin{array}{l}
 U_{x3\beta} \\ U_{y3\beta} \\ U_{z3\beta} \\ \theta_{x3\beta} \\ \theta_{y3\beta} \\ \theta_{z3\beta}
 \end{array}
 \end{array} \right\} \{x\} \\
 \left. \begin{array}{l}
 \begin{array}{|c|c|c|}
 \hline
 \begin{array}{|c|} \hline 12\text{列} \\ \hline \end{array} & \begin{array}{|c|} \hline 12\text{列} \\ \hline \end{array} & \begin{array}{|c|} \hline 12\text{列} \\ \hline \end{array} \\
 \hline
 \begin{array}{|c|} \hline 12\text{行} \\ \hline \end{array} & \begin{array}{|c|} \hline 12\text{行} \\ \hline \end{array} & \begin{array}{|c|} \hline 12\text{行} \\ \hline \end{array} \\
 \hline
 \end{array} \right\} \{K\}
 \end{array}$$

【0036】

ここで、式(3)中の12行12列のマトリクスM1、M2及びM3は、上記式(2)で示したものと同様である。但し、マトリクスM1、M2及びM3が重なっている部分M12及びM23は、各マトリクスの各構成要素が足し合わされたものとなる。

【0037】

なお、4つ以上の梁要素についても、同様に扱うことができる。このようにし

て、任意の数の梁要素に分割されるワイヤーハーネスの数式モデルを作成することができる。

【0038】

ちなみに、上記式(3)を簡単に表すと、

$$[K] \{x\} = \{F\} \cdots (4)$$

となる。

【0039】

したがって、上記(3)や式(4)に基づき、未知数である変位ベクトル $\{x\}$ の各要素を求めることにより、予測形状を計算することが可能である。式(3)や式(4)の解を求める際には、周知の弧長法や陽解法が利用可能である。なお、上記のような一般的なマトリックス有限要素法は、例えば、上記非特許文献1中でも紹介されている。

【0040】

次に、本発明における形状予測に必要な縦弾性係数及び横弾性係数の求め方の一例について以下に示す。図6(A)は、断面2次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図であり、図6(B)は、断面2次極モーメント及び横弾性係数を測定する様子を示す図である。図7は、特性テーブルの一例を示す図である。

【0041】

縦弾性係数 E は、図6(A)に示す測定方法を行う場合、次式(5)で表すことができる。

$$E = FL^3 / 3XI \cdots (5)$$

また、断面2次モーメント I は、上記のようにワイヤーハーネスを円形断面と仮定したので、次式(6)で表すことができる。

$$I = \pi D^4 / 64 \cdots (6)$$

したがって、

$$E = 64FL^3 / 3X\pi D^4 \cdots (7)$$

となる。

この測定では、

$$E = (F/X) \times (64L^3/3\pi D^4)$$

として、Fとxとの関係を測定することにより、縦弾性係数Eを求めることができる。

【0042】

ところで、本発明では、縦弾性係数Eは、外装部材の種類及び太さ毎に求める。すなわち、図7に示すように、外装無し、テープ巻き1、テープ巻き2、…、等の外装種類に対してそれぞれ、W/H径1-5、W/H径6-10、W/H径11-15、…、等の外装部材の太さ毎に、上記のようにして縦弾性係数Eを求めるようにする。図7において、10、12、…、等の値は、所定の外装種類とW/H径とに対応するワイヤーハーネスの縦弾性係数Eの値である。

【0043】

図7において、外装無しとは、インシュロックやテープ等の外装部材なしのワイヤーハーネスを示す。また、テープ巻き1とは、例えば、所定種類のテープが荒巻きされたワイヤーハーネスを示し、テープ巻き2とは、例えば、所定種類のテープがハーフラップされたワイヤーハーネスを示す。この他にも、図7では示されていないが、2重ハーフラップ、すし巻き等のような巻き方の種類、テープの種類、巻厚等の組み合わせにより、種々の外装種類が想定される。

【0044】

また、図7において、W/H径1-5、W/H径6-10、W/H径11-15とは、それぞれのワイヤーハーネスの太さをミリメートル単位で表したものである。このように、現実的にあり得る外装種類とW/H径との組み合わせの全てに対してそれぞれ、上記のようにして縦弾性係数Eを求めてデータベース化しておく。

【0045】

一方、横弾性係数Gは、図6(B)に示す測定方法を行う場合、次式(8)で表すことができる。

$$G = (TL/\theta J) \times 2 \cdots (8)$$

断面2次極モーメントJは、ワイヤーハーネスが円形断面と仮定したので、次式(9)で表すことができる。

$$J = \pi D^4 / 32 \cdots (9)$$

また、ねじる力は、

$$T = F S \cdots (10)$$

となる。

よって、

$$G = (32 F S L / \theta \pi D^4) \times 2 = (F / \theta) (32 S L / \pi D^4) \times 2 \cdots (11)$$

したがって、 F と θ の関係を測定することにより、横弾性係数 G を求めることができる。

【0046】

横弾性係数 G も、縦弾性係数 E と同様に、外装部材の種類及び太さ毎に各値を求めることが可能である。この場合、図7における各値は、所定の外装種類と W/H 径とに対応するワイヤーハーネスの横弾性係数 G となる。そして、現実的にあり得る外装種類と W/H 径との組み合わせの全てに対してそれぞれ、上記のようにして横弾性係数 G を求めてデータベース化しておく。

【0047】

但し、横弾性係数 G と縦弾性係数 E とは、次式(12)のような関係がある。

$$G = E / 2 (1 + \mu) \cdots (12)$$

ここで、 μ ：ポアソン比を示す。

【0048】

したがって、適当なポアソン比 μ を与えることにより、縦弾性係数 E と式(12)とから、横弾性係数 G を導出することも可能である。逆に、横弾性係数 G から縦弾性係数 E を導出することも可能である。なお、上記測定方法は一例であり、上記測定例以外の方法によって、横弾性係数 G 及び縦弾性係数 E 各値を取得するようにしてもよい。

【0049】

次に、上記理論、基本式及び測定値を利用して後述する処理手順にしたがってワイヤーハーネスの予測形状を計算及び出力する、本発明に係るハードウェア構

成について説明する。図8は、本発明に係るハードウェア構成を示すブロック構成図である。

【0050】

図8に示すように、本発明では、マイクロコンピュータ21、入力装置22、表示装置23、印字装置24、記憶装置25及び通信インターフェース26で基本構成される、例えば、パーソナルコンピュータが用いられる。マイクロコンピュータ21は、CPU21a（中央演算装置）、ブートプログラム等を記憶するROM21b、各種処理結果を一時的に記憶するRAM21cを含む。入力装置22は上記各値等を入力するキーボード、マウス等であり、表示装置23は処理結果を表示するCRT等であり、印字装置24は処理結果を印字するプリンタである。また、記憶装置25は処理結果を記憶するハードディスクドライブ等であり、通信インターフェース26は外部装置と、例えば、LAN回線を用いてデータ通信を行うためのモデムボード等である。これらの各構成要素は、内部バス27を介して接続されている。

【0051】

CPU21aは、ROM21bに記憶されるブートプログラムにしたがって起動され、記憶装置25に記憶されるアプリケーションプログラムにしたがって、本発明に係る処理等を行い、表示装置23や印字装置24から出力させたり、その結果を記憶装置25に記憶させたりする。また、記憶装置25には、図7で示したような内容の特性テーブル25aが予め記憶されている。このCPU21aを含むマイクロコンピュータ21が行う本発明に係る処理手順を、以下に説明する。

【0052】

図9は、図8に示したハードウェア構成を用いて行われる本発明に係る主処理手順を示すフローチャートである。図10は、図9の主処理手順における材料特性計算のサブルーチンを示すフローチャートである。図11（A）～図11（D）はそれぞれ、図9の各処理過程においてワイヤーハーネスが変形する状態を例示する図である。

【0053】

まず、図9に示すステップS1においては、手動操作に応じて任意の形状のワイヤーハーネスが描画される。このステップS1は、周知のCADを用いた設計及び描画方法と同様である。すなわち、図11(A)の1aに示すような、表示装置23上の真っ直ぐな状態のワイヤーハーネスの形状に対して、入力装置22としてのマウス等が用いられて、例えば、m1で示すようにその端部が1a5から1b5に変位される。そして、同図の1bに示すような、所望の長さ及び太さのワイヤーハーネスの形状が、車両内の所定の3次元空間に配策されることを前提として描画される（実際には、例えば、図3(A)のようなイメージで）。この際、上記図7を用いて説明した外装種類も判別できるように描画される（実際には、例えば、図3(A)のようなイメージで）。また、クリップ等の支持部材も描画される。なお、ここでは、簡単のために、1a1で示す端部のみが完全拘束され、1a5で示す端部が変位可能であるものとする。他の部位は、完全自由であるとする。

【0054】

なお、図11(A)で1a1～1a5で示される部位は、このワイヤーハーネスが複数の梁要素が結合されたものとして表されて、モデル化された際に割り当てられる代表的な節点に対応する部位である。これら1a1～1a5で示される各部位にそれぞれ対応する部位は、図11(A)～図11(E)において、1b1～1b5、1c1～1c5、1d1～1d5、1e1～1e5で表される。なお、ステップS1は、請求項の描画工程及び描画手段に対応する。

【0055】

続いて、ステップS2においては、ステップS1にて描画されているワイヤーハーネスの形状1bから形状特性が抽出される。詳しくは、この形状1bから外装部材の種類、ワイヤーハーネスの太さ及びその長さ等が抽出される。そして、これらは、この後で行われる処理のために、一旦、RAM21cのワークエリアに記憶される。ステップS2は、請求項の形状特性抽出工程及び形状特性抽出手段に対応する。

【0056】

続いて、ステップS3においては、ステップS1にて描画されたワイヤーハー

ネスの形状 1 b から材料特性が計算される。材料特性とは、ここでは、剛性マトリクス $[K]$ の各要素に含まれる、断面積 A 、断面 2 次モーメント I 、断面 2 次極モーメント J 、縦弾性係数 E 及び横弾性係数 G である。ステップ S 3 は、請求項の材料特性計算工程及び材料特性計算手段に対応する。

【0057】

詳しくは、ステップ S 3 の材料特性の計算では、図 10 に示すように、ステップ S 3 1 において、まず、断面積 A が計算される。この断面積 A は、上記ステップ S 2 で抽出されたワイヤーハーネスの太さから計算可能である。

【0058】

次に、ステップ S 3 2 において、断面 2 次モーメント I が計算される。この断面 2 次モーメント I は、ステップ S 3 1 で計算された断面積 A 及び上記式 (6) にしたがって計算可能である。次に、ステップ S 3 2 において、断面 2 次極モーメント J が計算される。この断面 2 次極モーメント J は、ステップ S 3 1 で計算された断面積 A 及び上記式 (9) にしたがって計算可能である。

【0059】

次に、ステップ S 3 3 において、記憶装置 2 5 に予め格納される上記特性テーブル 2 5 a が参照されて、縦弾性係数 E が取得される。すなわち、特性テーブル 2 5 a を参照することにより、上記ステップ S 2 で抽出された外装部材の種類及びワイヤーハーネスの太さに応じた縦弾性係数 E が、容易かつ確実に取得可能となる。

【0060】

そして、ステップ S 3 4 においても、上記特性テーブル 2 5 a が参照されて、横弾性係数 G が取得される。すなわち、上記ステップ S 2 で抽出された外装部材の種類及びワイヤーハーネスの太さに応じた縦弾性係数 E が取得可能である。勿論、上述したように、式 (12) を利用して、縦弾性係数 E から導出するようにしてもよい。

【0061】

このような材料特性の計算が終了すると、続いて、ステップ S 4 において、拘束条件の抽出が行われる。拘束条件は、割り当てられる各節点における、図 2 で

示したような拘束種類（完全拘束、回転拘束、完全自由等）や、特に重要となるのは、完全拘束される端部 1 b 1 の座標、 m_1 による変位先の端部 1 b 5 である。なお、ここで設定される各値は、上記式（3）中の変位ベクトル $\{x\}$ 中の各要素に係わる。ステップ S 4 は、請求項の拘束条件抽出工程及び拘束条件抽出手段に対応する。

【0062】

続いて、ステップ S 5 において、有限要素法を用いて予測形状が計算される。すなわち、図 11（A）に示したワイヤーハーネスの形状 1 b は、単に、CAD を用いて描画されたものであるため、必ずしも、上記形状特性、材料特性及び拘束条件を満足するように、物理的に釣り合った状態であるとは限らないので、有限要素法を用いて、図 11（B）の 1 c に示すような、釣り合った状態である予測形状が計算される。ステップ S 5 は、請求項の予測形状計算工程及び予測形状計算手段に対応する。

【0063】

有限要素法を用いた計算では、上記式（3）のように、ワイヤーハーネスが複数の梁要素が結合されたものとしてモデル化され、このモデルに上記形状特性、材料特性及び拘束条件が適用されて、このモデル中の未知数が計算される。すなわち、変位ベクトル $\{x\}$ 中の未知数が計算されると、1 c に示すような釣り合った状態のワイヤーハーネスの予測形状が得られる。

【0064】

但し、上記形状特性、材料特性及び拘束条件を満足するような解が得られない場合もあり得る。すなわち、1 c に示すような、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算することが不可能な場合もあり得る。このような場合を想定して、ステップ S 6 においては、予測形状計算の成功／不成功の判定が行われる。

【0065】

ステップ S 6 において、予測形状計算が成功したと判定されると（ステップ S 6 の Y）、ステップ S 7 に進んで、例えば、描画中の 1 b で示す形状に替えて、1 c で示す予測形状が描画される。すなわち、入力装置 22 にてワイヤーハーネスの端部を変位させると、有限要素法にて物理的に釣り合った形状が自動計算さ

れてこれが再描画される。つまり、CADによる周知の操作による形状設計に従ってそのバックグラウンドで、物理的に釣り合った形状が自動計算され描画される。

【0066】

一方、ステップS6において、予測形状計算が不成功であると判定されると（ステップS6のN）、ステップS8に進んで、その旨の警告が出力される。この警告は、表示装置23上に文字表示するようにしてもよいし、鳴音装置（不図示）にて警報音を発するようにしてもよい。なお、この場合には、1bで示す描画中のワイヤーハーネスの形状は、表示装置23上に表示されたままとする。このように、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算することが不可能である場合には、その旨が警告されるので、より短時間での適確な経路設計が可能になる。ステップS8は、請求項の警告出力工程及び警告出力手段に対応する。

【0067】

続いて、ステップS9において、手動操作に応じた形状変更の有無が判定される。例えば、1cで示す予測形状の上に電装品等の障害物が存在するために、入力装置22が操作されて、図11（C）のm2で示すように端部が1c5から1d5に変位されたものとする。そうすると、ステップS4に戻って（ステップS9のY）、新たな拘束条件が抽出される。すなわち、端部1c5の座標が端部1d5の座標に更新される。そして、ステップS5に進んで、再度有限要素法を用いた計算が行われ、図11（D）の1eに示すような、新たな拘束条件を満足する形状が計算される。

【0068】

そして、図11（E）に示すように、表示装置23上には、1dに示す形状に替えて、1eに示すワイヤーハーネスの形状が描画される。勿論、何らかの理由により、再々度、手動操作に応じた形状変更があれば、上記ステップS4～ステップS8の処理が繰り返される。そして、手動操作に応じた形状変更が無しと判定されると（ステップS9のN）、一連の処理が終了する。終了時には、予測形状1eを記憶装置25としてのハードディスク等に保存するようにしてもよいし、印字装置24から紙上印字させるようにしてもよい。

【0069】

なお、上記実施形態では、端部以外の節点は、完全自由としたが、重力の影響を考慮して予測形状を計算するようにしてもよい。重力の影響は、上記式(3)中の力ベクトル $\{F\}$ 中の各要素に係わる。

【0070】

このように、本発明の実施形態によれば、ワイヤーハーネスを、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化しているので計算量が大幅に削減され、短時間での確実な形状予測が可能になる。また、有限要素法の計算に必要なデータが、手動操作に応じて描画されたワイヤーハーネスから自動計算されるので、予測形状計算のための数値入力が必要となる。したがって、特殊な技術習得や熟練も不要となる。

【0071】

なお、本発明の方法及び装置は、車両内に配線されるワイヤーハーネスに限定されず、屋内に配線されるワイヤーハーネスにも、同様に適用可能である。また、幹線から分岐する複数の枝線を有するワイヤーハーネスにも同様に適用可能である。

【0072】**【発明の効果】**

以上説明したように、請求項1及び5記載の発明によれば、ワイヤー様構造物を、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化しているので、一般的なメッシュを割り当てた有限要素モデルと比較して、格段に計算量が削減される。したがって、短時間での確実な形状予測が可能になる。また、有限要素法の計算に必要なデータが、手動操作に応じて描画されたワイヤー様構造物から自動計算されるので、予測形状計算のための数値入力が必要となる。したがって、特殊な技術習得や熟練も不要となる。

【0073】

請求項2記載の発明によれば、外装部材の種類、太さ及び材料特性の関係を対応づけた特性テーブルを予め格納しておくことにより、手動操作に応じて描画されたワイヤー様構造物から、有限要素法の計算に必要な材料特性を容易かつ確実

に得ることが可能になる。

【0 0 7 4】

請求項 3 記載の発明によれば、特性テーブルを参照することにより、手動操作に応じて描画されたワイヤー様構造物から、有限要素法の計算に必要な縦弾性係数及び横弾性係数を容易かつ確実に得ることが可能になる。

【0 0 7 5】

請求項 4 記載の発明によれば、手動操作に応じて作成したワイヤー様構造物から、物理的に釣り合った状態である予測形状を計算することが不可能である場合には、その旨が警告されるので、より短時間での適確な経路設計が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明で対象となるワイヤーハーネスの全体形状を概略的に示す図である。

【図 2】

ワイヤーハーネスに取り付けられる代表的な支持部材と拘束自由度との関係を示す図である。

【図 3】

図 3 (A) は、ワイヤーハーネスの外観を示す図であり、図 3 (B) は、図 3 (A) のワイヤーハーネスを離散化した様子を示す図であり、図 3 (C) は、図 3 (A) のワイヤーハーネスを梁要素と節点とで表した図である。

【図 4】

梁要素と節点とで表したワイヤーハーネスにおける自由度を説明するための図である。

【図 5】

図 5 (A) は、ワイヤーハーネスを 3 つの梁要素で表した図であり、図 5 (B) は、図 5 (A) の 3 つの梁要素を結合した状態を示す図である。

【図 6】

図 6 (A) は、断面 2 次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図であり、図 6 (B) は、断面 2 次極モーメント及び横弾性係数を測定する様子を示す図である。

【図 7】

特性テーブルの一例を示す図である。

【図 8】

本発明に係るハードウェア構成の一例を示すブロック構成図である。

【図 9】

本発明に係る主処理手順を示すフローチャートである。

【図 10】

図 9 の主処理手順における材料特性計算のサブルーチンを示すフローチャートである。

【図 11】

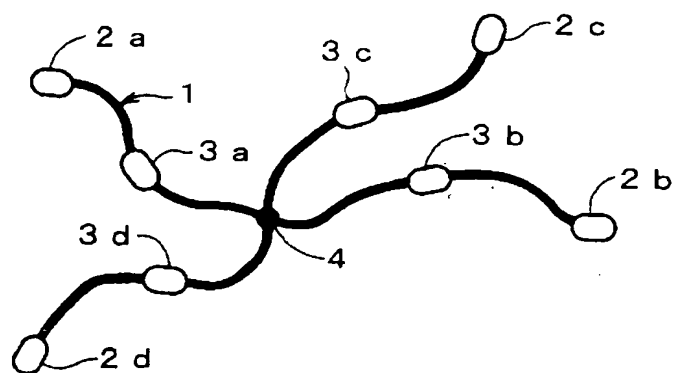
図 11 (A) ～図 11 (D) はそれぞれ、図 9 の各処理過程においてワイヤーハーネスが変形する状態を例示する図である。

【符号の説明】

- 1 ワイヤーハーネス（ワイヤー様構造物）
- 2 a、2 b、2 c、2 d コネクタ
- 3 a、3 b、3 c、3 d クリップ
- 4 分岐点
- 2 1 マイクロコンピュータ
- 2 2 入力装置
- 2 3 表示装置
- 2 4 印字装置
- 2 5 記憶装置
- 2 6 通信インターフェース
- 2 7 内部バス
- C 1 ～ C 7 梁要素
- N 1 ～ N 8 節点（ノード）

【書類名】 図面

【図 1】

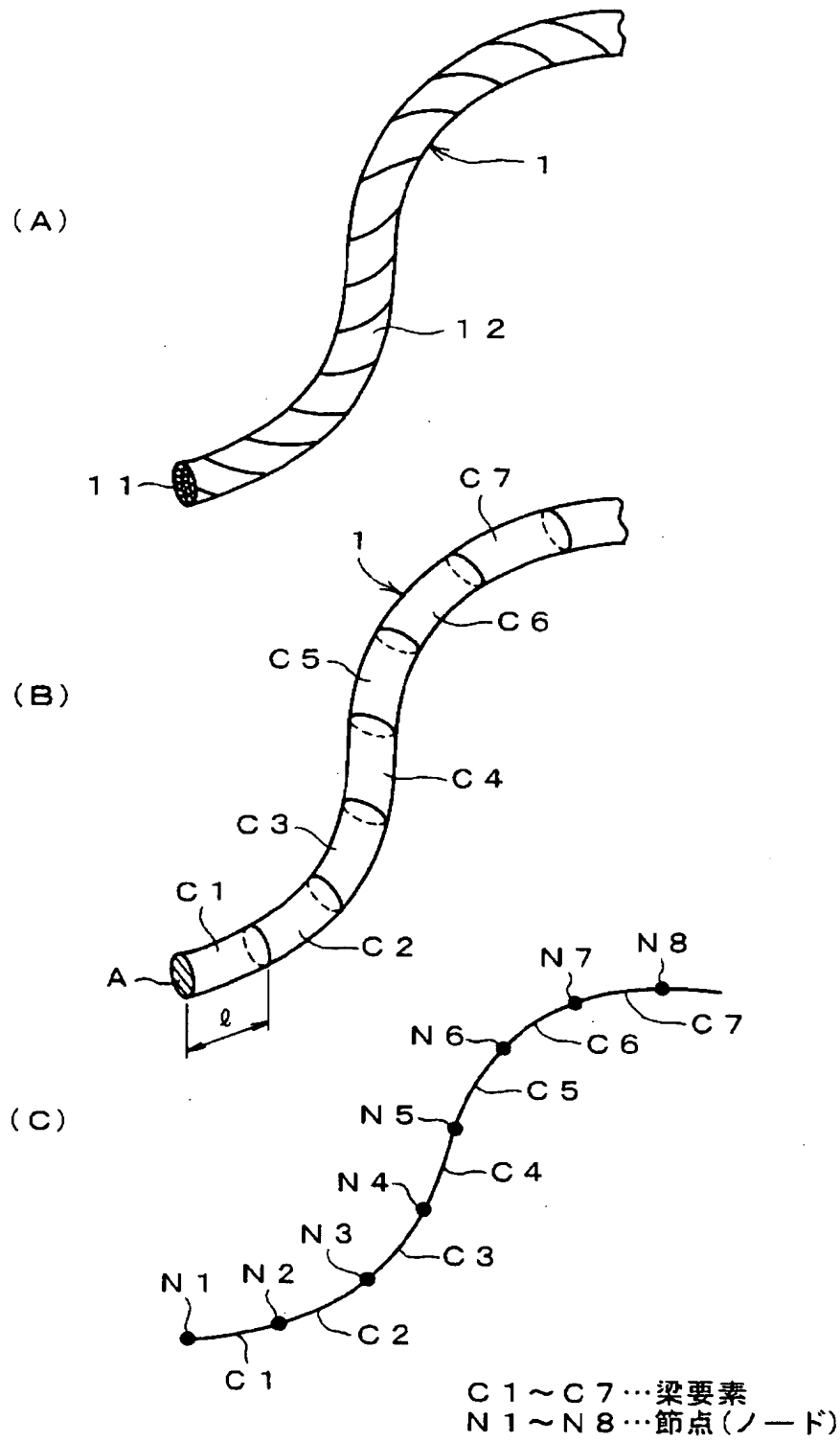


1 …ワイヤーハーネス
 2 a、2 b、2 c、2 d …コネクタ
 3 a、3 b、3 c、3 d …クリップ
 4 …分岐点

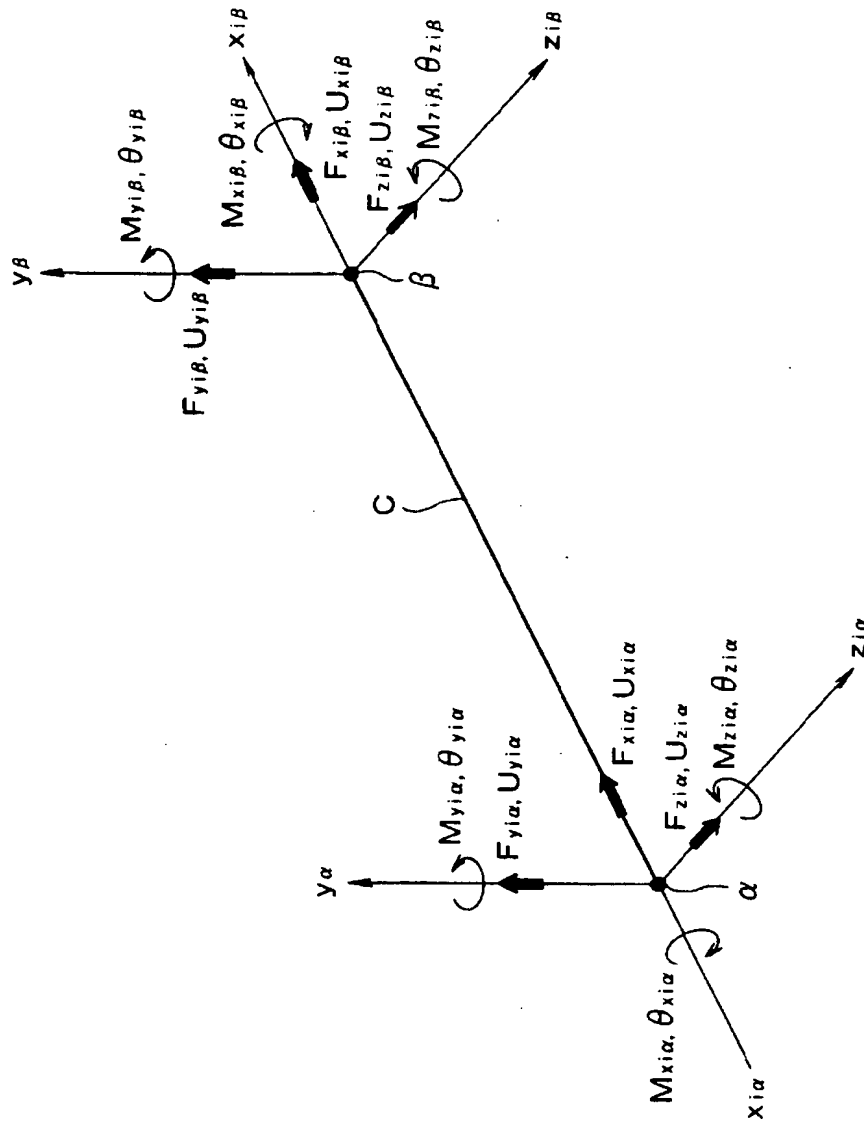
【図 2】

	拘束自由度 支持部材	X軸方向 並進	Y軸方向 並進	Z軸方向 並進	X軸廻り 回転	Y軸廻り 回転	Z軸廻り 回転
完全拘束	コネクタ	不可	不可	不可	不可	不可	不可
完全拘束	長穴クリップ	不可	不可	不可	不可	不可	不可
回転拘束	丸穴クリップ	不可	不可	不可	不可	不可	可
回転拘束	コルゲート長穴クリップ	不可	不可	不可	可	不可	不可
回転拘束	コルゲート丸穴クリップ	不可	不可	不可	可	不可	可
完全自由	分岐点	可	可	可	可	可	可

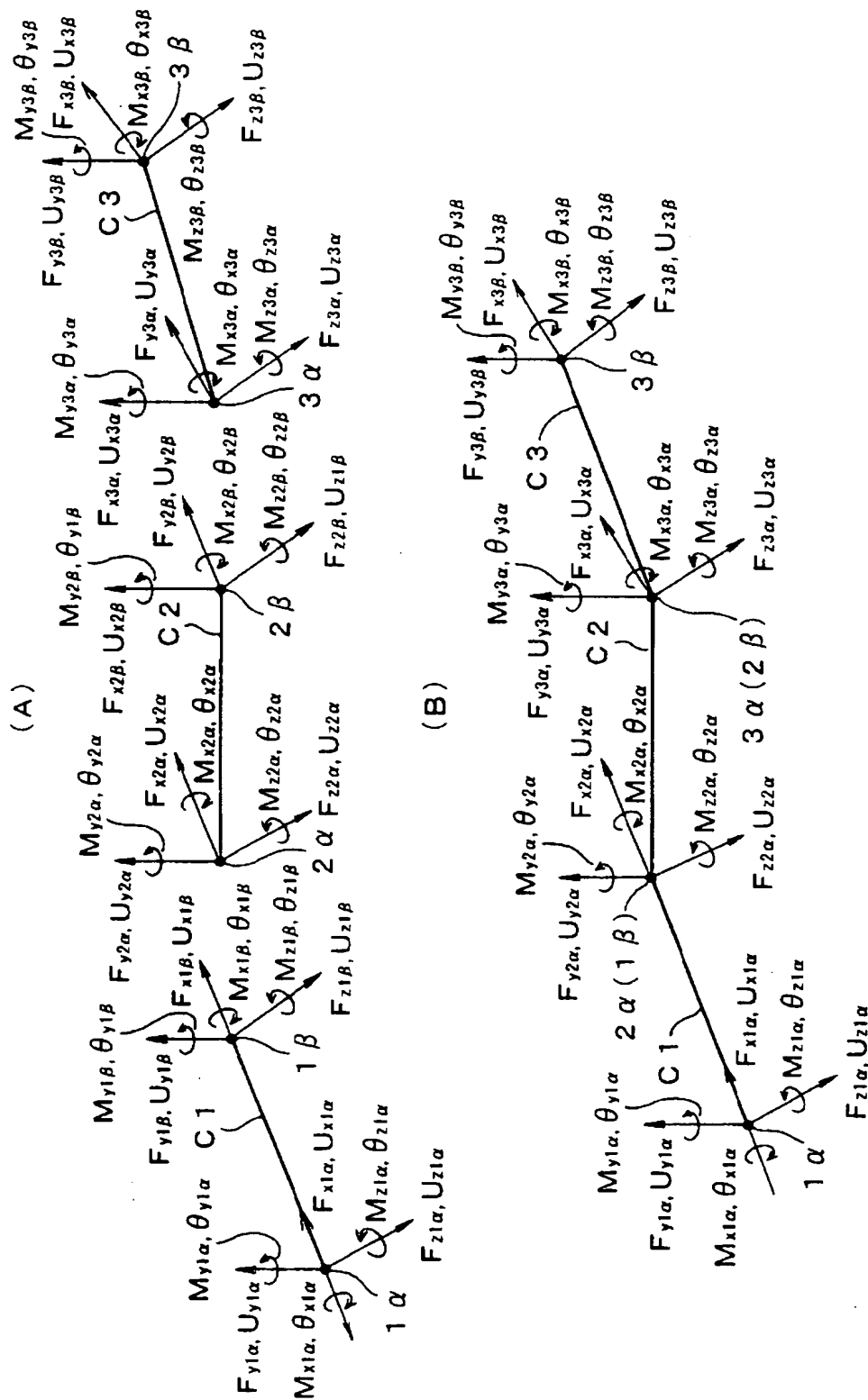
【図 3】



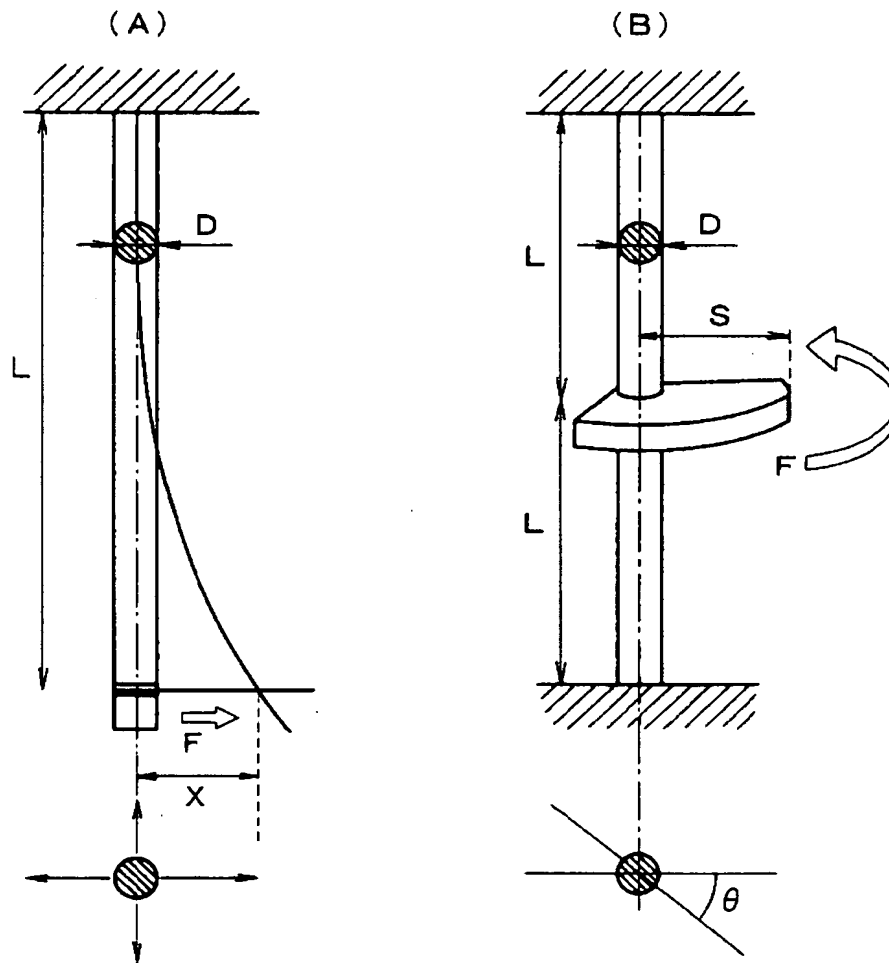
【図 4】



【図 5】



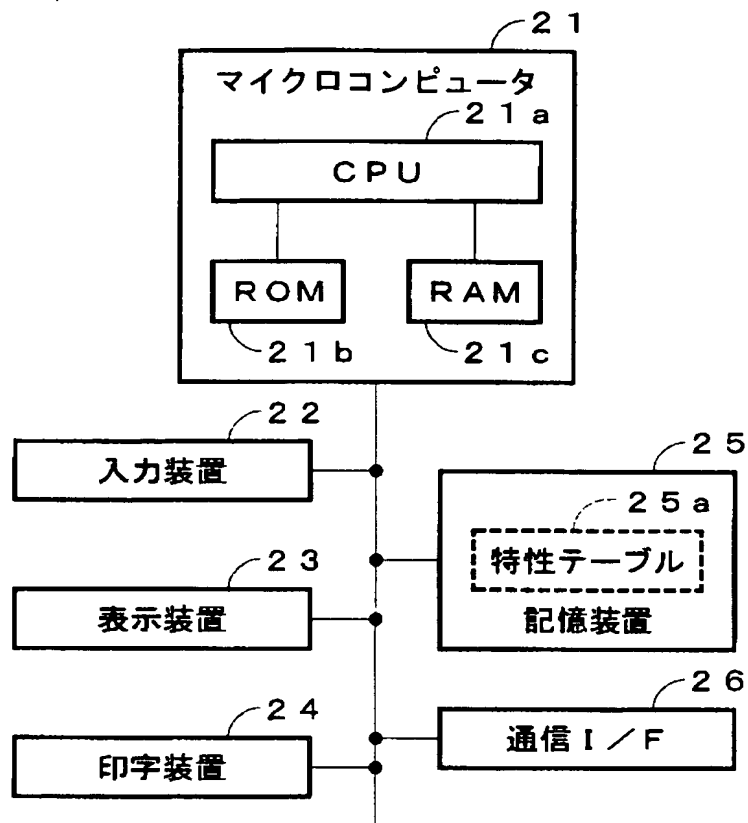
【図 6】



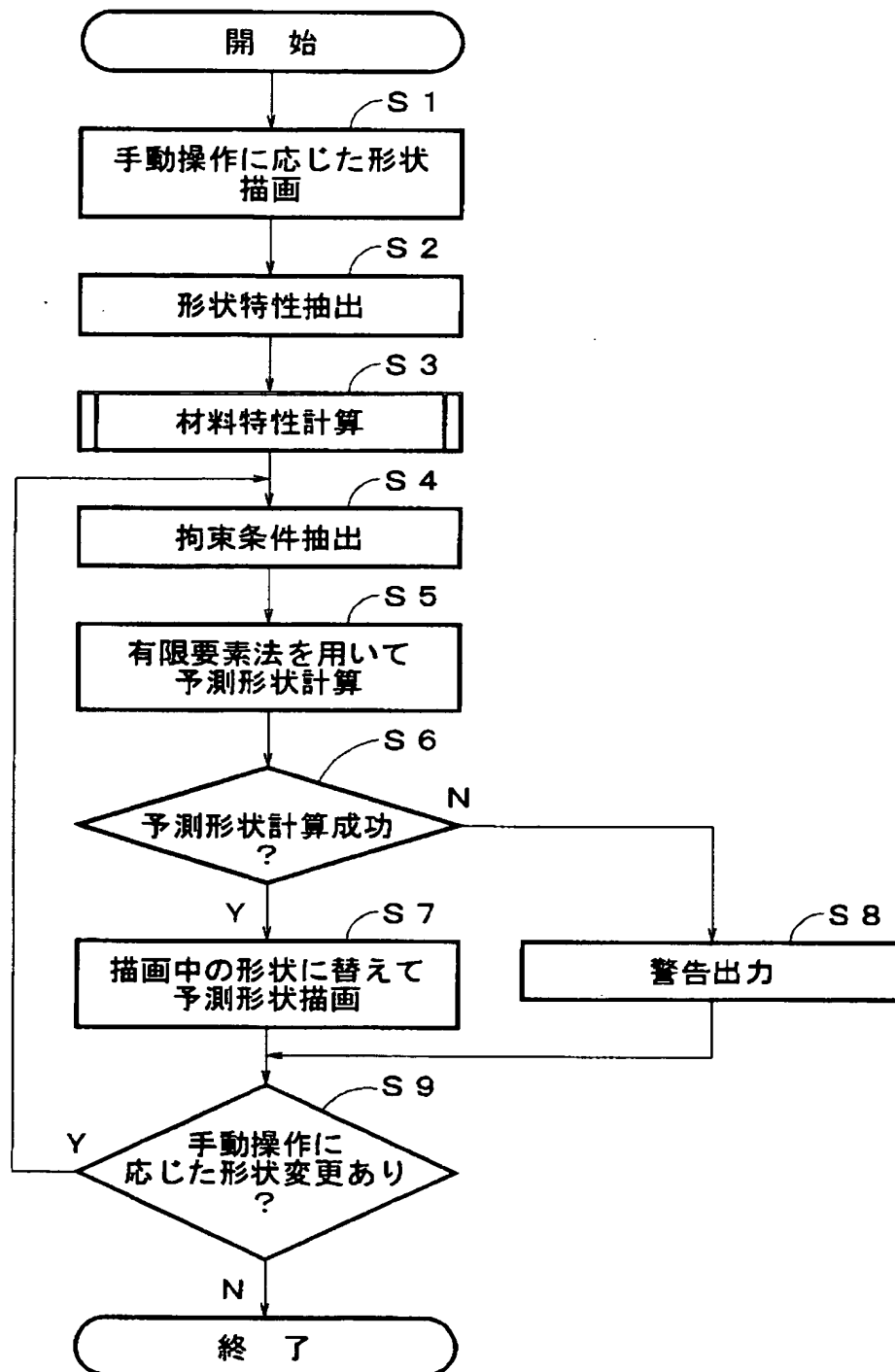
【図 7】

外装種類	W/H径1-5	W/H径6-10	W/H径11-15	...
無し	10	12	14	...
テープ巻き1	20
テープ巻き2	30
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・
・	・	・	・	・

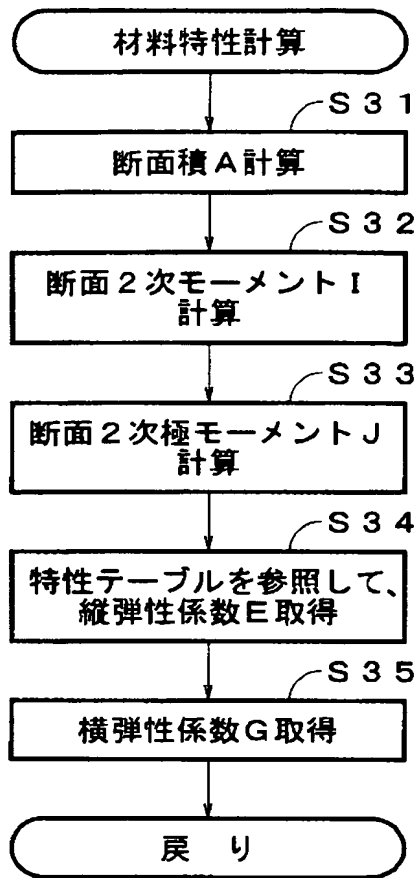
【図 8】



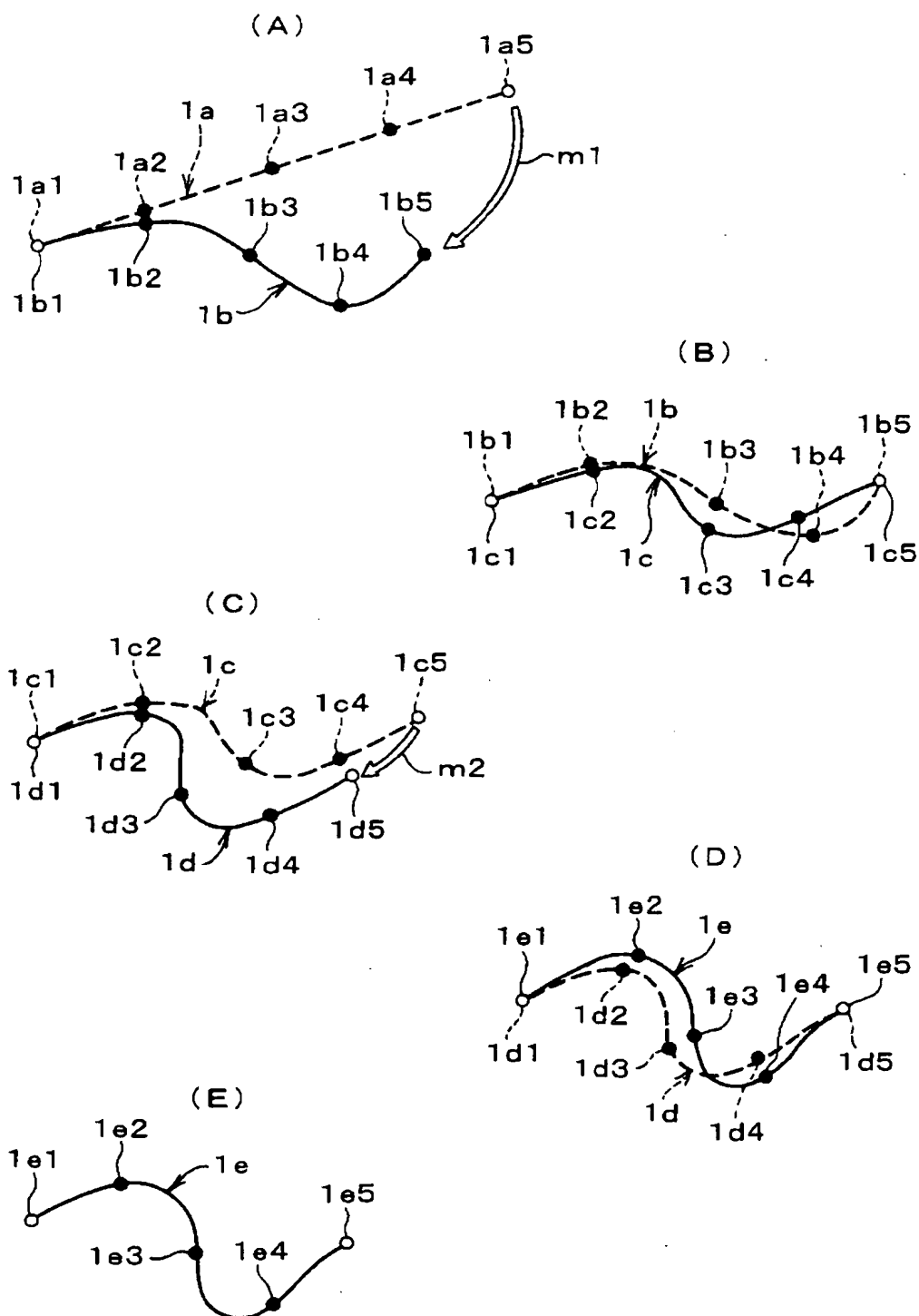
【図 9】



【図 10】



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 特殊な技術習得や熟練を不要としながらも短時間で確実に所望の形状予測を可能にする、ワイヤーハーネスの形状予測方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 所定の外装部材で複数本の線条材が束ねられてなるワイヤーハーネスを、円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなしてモデル化し、有限要素法を利用してこのワイヤーハーネスの形状が予測される。また、入力装置 2 2 にてワイヤーハーネスの端部 1 a 5 を変位させると、有限要素法にて物理的に釣り合った形状 1 c が自動計算されてこれが再描画される。つまり、C A D による周知の操作による形状設計に追従してそのバックグラウンドで、物理的に釣り合った形状 1 c が自動計算され描画される。

【選択図】 図 1 1

特願 2 0 0 2 - 3 3 4 9 4 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 8 9 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 9 月 6 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区三田 1 丁目 4 番 2 8 号

氏 名

矢崎総業株式会社